

## 明 細 書

### 電子線を用いた検査方法および検査装置

#### 5 技術分野

本発明は半導体製品や液晶等、微細な回路パターンを有する基板に形成されたパターンを電子線を用いて検査する方法、および検査装置に関する。

#### 10 背景技術

一例として、半導体ウェハの検査装置を説明する。半導体製品は、半導体ウェハ上のホトマスクに形成されたパターンを、リソグラフィー処理およびエッチング処理により転写する工程を繰り返すことで製造される。半導体装置の製造過程において、リソグラフィー処理やエッチング処理などで形成されたパターンの良否や異物発生等は、半導体装置の歩留まりに大きく影響を及ぼす。このため、異常や不良発生を早期あるいは事前に検知することが必要である。

半導体ウェハを用いた製造プロセスの立上げ段階や開発段階では、多種多様の欠陥が多数存在し、欠陥の種類によって欠陥の発生原因が異なることから対策方法や対策場所が違ってくる。一度にすべてを対策することは困難であるとともに、互いに影響しあう場合がある。したがって、対策は一度で済むことはない。複数の対策の前後において特定の欠陥が減少することを確認できれば、その対策は効果があったことになる。しかし、初期に多種多様の欠陥が多数存在する場合は、多数の中で少数のどの欠陥がどの対策で減少するかを見つけ出すことは、非常に困難である。製造プロセスの開発者は、これらの欠陥を吟味し、プロセスの最適条件を見い出すことに知識と労力を傾注しており、熟練者の経験によるところが大きい。

半導体ウェハ上のパターンに存在する欠陥を検査する装置として

は、半導体ウェハに白色光を照射し、光学画像を用いて複数のLSI  
の同種の回路パターンを比較する光学式検査装置や、電子線の照射に  
より発生する二次電子や反射電子を検出して画像を得、参照画像と比  
較することにより欠陥や異物などの異常を検出するSEM式外観検  
5 査装置などが知られている。ここで、SEMとは走査電子顕微鏡  
(Scanning Electron Microscopy)の略である。

これらの検査装置では、検査画像と参照画像とを比較し、輝度を2  
値化した階調値に差違のある画素だけを抽出して異常部とし、欠陥画像  
を生成したり、その異常部の半導体ウェハ上の位置を表示したりして、  
10 オペレータに複数の欠陥を表示している。そして、オペレータは半導  
体ウェハ上に欠陥マップとして表示された欠陥分布のデータを、欠陥  
の発生原因を究明するための別の解析装置へ送信する。解析装置では、  
複数の欠陥の中からいくつかの欠陥を選択して、電子線を照射して得  
られる観察画像などで詳細な解析が行われる。

15 ここで、欠陥マップには通常様々な発生原因の多くの欠陥が表示さ  
れるため、オペレータにとって、どの欠陥の解析が最も緊急性を要す  
るかを知りたいが、従来は、オペレータの熟練度に頼っていたのが実  
情である。欠陥マップに表示された抽出された欠陥は、本当は画像に  
差違がある異常部を示しているにすぎないのであって、欠陥ではない  
20 のに異常部として抽出されたり、様々な種類の欠陥が半導体ウェハ上  
に区別なく分布表示されたりしている。

そこで、検査装置では単に欠陥マップを表示するだけでなく、欠陥  
の解析が不要な欠陥を排除し、必要な欠陥だけを表示して、欠陥デー  
タとして出力することが、試みられている。例えば、半導体ウェハ上  
25 に形成された半導体デバイスのコンタクトホール製造プロセスにお  
ける非導通欠陥や電氣的ショートは、光学式検査装置では検出できな  
いが、SEM式外観検査装置を用いることによって検出できるので、  
欠陥画像とその欠陥の半導体ウェハ上の座標とから、どちらの欠陥か  
を区別することが試みられている（例えば、特開2002-1245

5 5 号公報（第 8 頁，第 6 図）参照）。しかしながら、非導通欠陥や電氣的ショートは位置依存性があるとは限らないため、半導体ウェハの欠陥マップ表示だけでは、必ずしも正確に欠陥を区別することができないという問題があった。

- 5 一方、半導体デバイスの製造プロセスではないが、製造欠陥の輪郭や輝度などの複数の特徴量に基づいて分類する方法が知られている（例えば、特開 2 0 0 2 - 1 7 4 6 0 3 号公報（第 3 頁，第 6 図）参照）。しかしながら、半導体デバイスの製造プロセスにおける S E M 式外観検査装置で抽出された欠陥を対象として不要な欠陥を削除する
- 10 る方法を具体的に説明したものは見当たらない。

#### 発明の開示

- 本発明の目的は、上記した従来技術の問題点に鑑み、検査で抽出された多数の欠陥から所望の欠陥を抽出することができる電子線を用いた検査方法および検査装置を得ることである。
- 15

- 上記目的を達成するために、本発明の実施態様は、パターンが形成された試料に電子線を照射し、試料から発生する二次電子または反射電子に基づき検査画像および参照画像を生成し、検査画像と参照画像の画素毎の階調値の差分から異常部を求め、異常部の画像から当該異常部の特徴量を複数求め、複数求めた異常部の特徴量の分布に基づいて異常部の種類を分類する範囲が指定されるものである。
- 20

#### 図面の簡単な説明

- 第 1 図は、電子線を用いた検査装置の縦断面および機能ブロック図である。
- 25

第 2 図は、検査装置における欠陥検出から検出した欠陥が自動分類されるまでの手順を示すフローチャートである。

第 3 図は、検査レシピの作成手順を示すフローチャートである。

第 4 図は、試し検査および欠陥自動分類条件設定の手順の一例をさ

らに詳しく示すフローチャートである。

第 5 図は、欠陥自動分類条件設定の手順についてさらに詳しく説明するフローチャートである。

第 6 図は、モニタに表示される散布図の一例を示す画面図である。

5 第 7 図は、欠陥自動分類条件設定における欠陥の確認手順の一例を示す画面図である。

第 8 図は、欠陥自動分類条件設定における欠陥の確認手順の一例を示す画面図である。

10 第 9 図は、欠陥自動分類条件設定における欠陥の確認手順の一例を示す画面図である。

第 10 図は、欠陥自動分類条件設定における欠陥の確認手順の一例を示す画面図である。

第 11 図は、欠陥自動分類条件の修正の手順の一例を示すフローチャートである。

15 第 12 図は、欠陥自動分類条件設定における欠陥の確認手順の一例を示す画面図である。

第 13 図は、欠陥の自動分類方法の一例を示すフローチャートである。

20 第 14 図は、モニタに表示される半導体ウェハの欠陥分布を示す画面図である。

第 15 図は、モニタに表示される半導体ウェハの欠陥分布を示す画面図である。

第 16 図は、特徴量を変えた場合の散布図の例を示す画面図である。

第 17 図は、特徴量を変えた場合の散布図の例を示す画面図である。

25 第 18 図は、欠陥自動分類条件設定における欠陥の確認手順の一例を示す画面図である。

第 19 図は、欠陥自動分類条件の設定における欠陥確認時の S E M 本体の動作を示すフローチャートである。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明による回路パターンの検査方法および装置の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

第1図に本発明による検査装置の一実施例を示す。第1図は電子線  
5      を用いた検査装置の縦断面および機能ブロック図である。SEM本体  
60は大まかに、電子源50などを含む電子線発生部、偏向電極52  
などを含む電子線走査制御部、試料61と試料ホルダ62と試料移動  
ステージ56などを含む試料操作部を備える。

電子源50より発生する電子線71は図示しない加速電極で加速  
10      され、試料ホルダ62に保持された試料61へ照射する。その過程で、  
コイルおよび電極で構成する電子光学系を電子光学系制御回路51  
により制御し、電子線71が試料位置で焦点を結ぶようにする。電子  
線71は偏向電極52と偏向制御回路53により走査し、ステージ制  
御回路57によって制御された試料移動ステージ56と組み合わせ  
15      て、ストライプ状の画像を取得する。

試料61に照射する電子線71により試料表面から二次電子72  
が発生する。この二次電子72は図示しない電極により再び加速され、  
図示しない電極により検出器54に導かれる。検出器54に捕獲され  
た二次電子は検出回路55により信号化され画像処理装置58へ送  
20      られる。

画像処理装置58に送られた画像は入力補正部501により補正  
を受ける。ここでは、例えば、画像のコントラストを調整するための  
階調変換、暗レベル補正、ビーム加算処理などを行う。補正を受けた  
画像はチップメモリ502に送られる。チップメモリ502ではチッ  
25      プ単位の画像を一時記憶し画像比較のための遅延画像を発生させる。  
チップメモリ502から発生する検査画像と参照画像は、チャンネル  
分割するCH分割部503に送られ複数のチャンネルに分けられる。  
複数のチャンネルに分けることにより、画像をそのまま処理するよ  
りも画像の処理レートを下げることが出来る。

複数のチャンネルに分かれた画像は、検査画像と参照画像間で画像の位置ずれを測定した後に、位置補正部 5 0 4 により画素単位で一致する様に補正する。補正後の画像は、チップ比較部 5 0 5 および特徴量生成部 5 0 6 に送られる。チップ比較部 5 0 5 では検査画像と参照  
5 画像との間の画素毎の階調値の差の有る部分を抽出して欠陥の画像データとして出力する。検査画像と参照画像間で差の有る異常部は、半導体ウェハの回路パターンの検査においては欠陥と表現する方が馴染みやすい。このため、以下では異常部と等価な意味で欠陥と表現することもある。

10 特徴量生成部 5 0 6 では、例えば、欠陥の座標  $X$ 、 $Y$ 、欠陥の寸法  $L X$ 、 $L Y$ 、欠陥の面積  $S$ 、欠陥部の画素毎の階調差、検査画像の欠陥部の階調値の微分値などがある。ここで、階調差とは、抽出された欠陥の画素毎の検査画像と参照画像との間の階調値の差であり、検査画像と参照画像とから抽出された欠陥画像の欠陥部の画素の明るさを示す。また、階調値の微分値とは、検査画像または参照画像の欠陥  
15 部の画素とその周囲の画素との階調値の勾配の絶対値、すなわち欠陥部の画素とその周囲の画素との間の明るさのコントラストを示す。この勾配は、欠陥部の画素  $f(x, y)$  を微分して求められるので、ここでは階調値の微分値とよぶ。検査画像と参照画像とから求められた  
20 欠陥画像は、特徴抽出部 5 0 7 に送られて、上述した特徴量から欠陥部の投影長や面積などが求められる。

特徴量演算部 5 0 8 では欠陥部に同期して特徴量生成部 5 0 6 からの階調差や階調値の微分値を集計し、例えば階調差の欠陥全体の総和  $D$  や、階調値の微分値の絶対値の欠陥全体の総和  $H$  などの欠陥部の  
25 特徴量を演算する。特徴抽出部 507 で得られた値と特徴量演算部 5 0 8 で得られた値は欠陥情報部 5 0 9 に集められ数値化する。以上の各演算はシステムバス 5 1 1 で接続された制御 CPU 5 1 0 で制御される。数値化された欠陥情報は、制御 CPU 5 1 0 の働きによりホスト計算機 5 9 へ送られる。

本実施例では、半導体ウェハ上のチップ同士の比較による欠陥検出の処理過程を例として示したが、メモリのセルマット部のように同一構造のセルが規則正しく並んでいる場合には、画像処理単位をチップでなくセルとすればよい。ただし、位置補正は、検査画像をセルピッチ分ずらす処理となるので、画像間の大きな位置ずれを検出する処理は不用になる。また、検査画像と参照画像をチップメモリ 5 0 2 から個別にチャンネル分割せずに、位置補正部 5 0 4 の前の画像から検査画像と参照画像に分けてもよい。

10      ホスト計算機 5 9 は、G U I (Graphical User Interface) 機能を備えたモニタ 6 3 に情報を表示するばかりでなくオペレータの指示を受けたり、装置全体を制御する働きがある。例えば、検査シーケンスを制御する検査制御部 6 0 1 , 欠陥の特徴量に基づいて後述する欠陥の散布図を作成し、特徴量に基づいて分類された欠陥の確認を行う欠陥確認制御部 6 0 2 , 検査のレシピを作成するレシピ制御部 6 0 3 ,  
15      装置を運用する際に必要なユーティリティ制御部 6 0 4 , 欠陥情報から真の欠陥を抽出する欠陥判定部 6 0 5 , 検査や欠陥確認などの纏まった動作全体を制御するシーケンス制御部 6 0 6 , G U I 機能を制御する G U I 制御部 6 0 7 , 検査結果・欠陥画像・レシピ情報などのデータを管理するデータ管理部 6 0 8 などの各機能がある。

20      第 2 図は、検査装置における欠陥検出から検出した欠陥が自動分類されるまでの手順を示すフローチャートである。ステップ 1 1 2 からステップ 1 1 7 までは、第 1 図に示した各機能で実行され、ステップ 1 1 8 はオペレータに対する G U I 機能で実行される。

25      ステップ 1 1 2 では、第 1 図中の画像処理装置 5 8 の入力補正部 5 0 1 で、送信された検査画像 1 1 1 に欠陥を抽出し易くする補正を行い、ステップ 1 1 3 では、位置補正部 5 0 4 で検査画像と参照画像間の位置合わせを行い、ステップ 1 1 4 では、チップ比較部 5 0 5 で検査画像と参照画像とを比較して欠陥を抽出する。欠陥の抽出の一例を挙げると、検査画像と参照画像の差を求め、その差が指定の値を越える

か否かにより、欠陥の抽出が行われる。次に、ステップ 1 1 5 では、特徴抽出部 5 0 7 で欠陥抽出により得られた欠陥の画像から、特徴量演算部 508 でその欠陥の特徴量を演算する。

5 前述したように、欠陥特徴量には、欠陥の座標  $X$ 、 $Y$ 、欠陥の寸法  $L X$ 、 $L Y$ 、欠陥の面積  $S$ 、欠陥部の階調差の総和  $D$ 、検査画像または参照画像の欠陥部の画素と隣接する画素間の階調値の微分値の総和  $H$  などがある。欠陥の座標系は、画像処理装置と本体間で対応が付いていれば任意に選ぶことができる。ここでは仮に第 2 図に示す如く、 $X$  および  $Y$  の座標系を定める。欠陥の形状は様々な形をしていると考えられるが、欠陥の形状を各々  $X$  および  $Y$  軸へ投影した時の投影の幅を投影長  $L X$ 、 $L Y$  とする。また、投影部の中心の位置が欠陥の座標  $X$ 、 $Y$  とする。また、欠陥部の面積  $S$  は欠陥と見なされる部分の面積である。これは画素の数から求めることができる。

15 ステップ 1 1 5 では前述の如く欠陥部に関する情報を得る。ここで、欠陥部の階調差の総和  $D$  および欠陥部の画素の微分値の絶対値の総和  $H$  は欠陥部の面積  $S$  で割ることにより規格化し欠陥の面積に依存しない特徴量に変換しても良い。

欠陥情報 1 1 6 は、欠陥情報部 5 0 9 で検出された欠陥毎に上述の特徴量より生成される。

20 次に、ステップ 1 1 7 では、ホスト計算機 5 9 の欠陥判定部 6 0 5 で、上述の欠陥情報から真の欠陥を抽出するリアルゴースト処理とよぶ処理と近隣の欠陥を 1 つに集約する欠陥マージ処理とよぶ処理を行う。

25 例えば、1 つの欠陥について欠陥抽出 1 4 からは 2 回の欠陥情報が得られる。つまり、欠陥が現れたときに第 1 の参照部と比較して検出される 1 つ目の欠陥と、続いて、この欠陥が第 2 の参照部となって正常部である欠陥と比較して検出される 2 つ目の欠陥である。これら 2 つの欠陥のうち、第 1 の欠陥をリアル欠陥、第 2 の欠陥をゴースト欠陥と呼び、これら 2 つの情報が互いに対応する位置に存在すれば、第



1の欠陥を真の欠陥とする。このリアルゴースト処理により、ノイズにより発生した擬似欠陥などを除去することができる。

また、近隣の欠陥を1つに集約して1つの欠陥とする欠陥マージ処理は、必要に応じて実行される。この処理は、前述のリアルゴースト  
5 処理に引き続き実施される。

次に、ステップ118で、前述のリアルゴースト処理により抽出された欠陥について、欠陥の特徴量を手がかりに欠陥の種類を判定し分類する欠陥自動分類処理を実施し、自動分類された欠陥情報119を出力する。この処理は、第1図のGUI制御部607により、モニタ  
10 63に表示された画面を見ながらのオペレータの入力指定で実行される。

第3図は、回路パターンの検査の内容を規定する検査条件、すなわち検査レシピの作成手順を示すフローチャートである。レシピで設定する項目としては、例えば、照射条件、ダイレイアウト、アライメント、検査領域および方法、キャリブレーション、検査条件、欠陥自動  
15 分類条件などがある。これらの順番は変更可能であるし、前の項目に帰って設定し直すことも可能である。このレシピ作成は、第1図のホスト計算機59のレシピ制御部603で実行される。

ステップ121のオペレータからのレシピ作成開始指示に続いて、  
20 ステップ122では、第1図に示した電子線71の照射条件が設定される。ここでは、電子光学系の条件以外にも検査の画素寸法、画像の加算回数、SEM画像のフォーカス条件などをオペレータが設定することができる。

ステップ123のダイレイアウト設定では、オペレータが検査する  
25 半導体ウェハ内にどのようにダイが配列されているかを設定する。ステップ124のアライメント設定では、検査する半導体ウェハのSEM本体60内にセットされた回転量および位置ずれなどの検出結果に基づき、検査装置が意図したダイ内の意図した位置を検査できるように、位置合わせまたは補正值の演算が行われる。

ステップ 1 2 5 の検査領域および方法設定では、半導体ウェハの検査時の以下に示す検査領域および検査方法をオペレータが設定する。検査領域はどのダイを検査するかという指定と、ダイの中でどの部分を検査するかという指定がある。ダイ内の検査領域は、メモリセルなど繰り返しパターンが形成された領域ではセル比較の領域を設定するようにしてもよい。また、ダイ比較を行う場合は、ダイ比較の領域を指定する。検査方法については、指定する領域をセル比較検査するのか、ダイ比較検査するのか、セル比較とダイ比較を同時に行う混合比較検査をさせるのかを指定する。また、半導体ウェハの X 方向に検査するのか Y 方向に検査するのも指定できる。

ステップ 1 2 6 のキャリブレーション設定では、例えば、SEM 画像の明るさとコントラストについて最適にするために、キャリブレーションの位置、明るさ、コントラストの強さなどをオペレータが設定できる。

ステップ 1 2 7 の検査条件設定では、主に欠陥検出のしきい値の指定やセル比較とダイ比較の詳細な方法をオペレータが指定する。ステップ 1 2 8 の試し検査および欠陥自動分類条件設定では、試料の一部分に電子線を照射して検査動作を行わせ、検出した欠陥の欠陥情報を用いて欠陥を自動分類するための分類条件の指定を行う。以上の設定を実施することにより、半導体ウェハの検査用レシピが作成される。

第 4 図は、第 3 図に示したステップ 1 2 8 の試し検査および欠陥自動分類条件設定の手順の一例をさらに詳しく示すフローチャートである。試し検査では、しきい値など先に設定されている検査条件の確認をするため、必要に応じて検査条件を設定するステップに戻ることがある。

ステップ 1 3 1 で、試し検査および欠陥自動分類条件設定開始の指示があると、ステップ 1 3 2 で試し検査を実施する検査領域の選択と、ステップ 1 3 3 で試し検査の方法の選択を行い、ステップ 1 3 4 で試し検査実施の指示を行い、試し検査が実行される。このとき、検査領

域と検査方法は先に指定した内容によらず変更できる自由度を持たせ、ステップ 1 3 5 で、ある変更が効果があると思われる場合は、ステップ 1 3 6 で変更の希望を指定し、ステップ 1 3 2 の検査領域の選択とステップ 1 3 3 の検査方法の選択に戻って変更される。また、試  
5 し検査の結果、ステップ 1 3 7 で虚報が確認された場合は、ステップ 1 3 8 から第 3 図のステップ 1 2 7 へ戻り、検査条件を再設定し、再度ステップ 1 2 8 を実行させる。検査が概ね正常であると判断されるまで以上の各条件を調整する。

検査結果に虚報が発生する要因としては、不適切な検査条件を用いた  
10 た場合が考えられる。例えば、電子線の照射エネルギーが低い検査条件を用いた場合、試料の帯電ムラにより検出されたパターンの画像の明るさムラが発生し、2 つの画像を比較するとこの明るさムラが差違となるので異常部として検出される。この異常部は実際の欠陥に起因するものではないため、虚報とよばれ、欠陥の集団から削除されるべき  
15 きものである。

また、セル比較の場合、繰り返しパターンを検査領域に指定する必要があるが、誤って非繰り返しパターンをセル比較の検査領域に設定した場合には、パターン形状に差違があるので当然異常部として検出  
される。

20 以上のステップに問題がなくなれば、ステップ 1 3 9 で欠陥の自動分類の条件を設定する。欠陥自動分類条件の設定は、検査中に求めた欠陥の特徴量を用いて、欠陥をその種類毎に区別し分類できると思われる分類条件を探索する。分類条件の設定においては、欠陥のサンプル数  
25 が多ければ多いほど結果の信頼性および有効性が増すことから、オペレータの必要に応じて再検査を実施してサンプル数を増やすとよい。

第 5 図は、第 4 図に示したステップ 1 3 9 の欠陥自動分類条件設定の手順についてさらに詳しく説明するフローチャートである。また、第 6 図はモニタに表示される散布図の一例を示す画面の図である。

電子線画像は、検査試料のパターン部の帯電電位により、検査画像に望ましくないコントラストを生じる現象がある。例えば、コンタクトホール部の検査において、試料に照射する電子線のエネルギーが低い（通常、1 keV以内）場合、コンタクトホール部の底部に導通不良を起こすなどの基板に対する抵抗が高くなったコンタクト部は、正常なコンタクトホール部と比較して暗くなる傾向がある。検査画像にはこの非導通欠陥が黒点で表れる。また、ショートしている場合は逆に、二次電子放出量が多くなり、その周囲よりも明るくなり、白点として表れる。このように、電気的な異常を検査画像におけるパターンの明るさ変化で検出できる場合、この異常をVC (Voltage Contrast) 欠陥と呼ぶ。また、VC欠陥ではないレジスト残渣は周辺よりも明るく表れる。これは二次電子が周辺よりも多く放出されるためと考えられる。このように、抽出された欠陥画像に存在する異常部に、再度電子線を照射して検査画像を取得し、その画像を確認すると、黒く見えるか白く見えるかという階調差を判断基準として、VC欠陥のうちの非導通欠陥とレジスト残渣で代表される異物とを区別できることになる。

一方、検査画像の異常部の画素毎の階調値と、異常部の周辺の画素毎の階調値との間の勾配、すなわち微分値は、同じ白点欠陥でも異物の方がショート欠陥よりも大きくなる。異物の微分値が大きいのは、その表面状態が凸凹しているためであると考えられる。

このように、非導通欠陥と異物またはショート欠陥は階調差で区別でき、異物とショート欠陥は階調値の微分値で区別できるので、それぞれを欠陥の特徴量として採用し、欠陥の散布図を作成することとする。

以上より、本実施例では、欠陥の特徴量として階調差と階調値の微分値の2種を選択し、ステップ142で、それぞれを散布図のX軸とY軸に割り当てる。その他の特徴量としては、欠陥の座標X、Y、欠陥の寸法LX、LY、欠陥の面積Sなどであり、さらに、 $LX/LY$

で表される形状値などの特徴量から演算などにより求めることが可能な計算値も含まれ、必要に応じて、本実施例と同様な散布図を作成することができる。

2 種選択した場合は、本実施例のように 2 次元のグラフ上に欠陥が  
5 配置されるので、欠陥の特徴量による分類が比較的行い易い。特徴量として 3 種を選択した場合はそれぞれを X 軸，Y 軸，Z 軸に割り当てた 3 次元のグラフになる。1 種選択した場合の例としては、全ての欠陥を大きさでフィルタリングした後に残った欠陥の階調差を X 軸とし、欠陥数すなわち欠陥の現れる頻度を Y 軸としたグラフが考えられる。  
10

本実施例に戻ると、ステップ 1 4 3 では、X 軸に階調差を、Y 軸に階調値の微分値を割り当てた第 6 図に示されるような散布図が作成され、モニタに表示される。ここで、X 軸の階調差の値の増減の方向は、オペレータの使い勝手を考慮して決められる。例えば、本実施例  
15 では、異物よりもコンタクトホール of 非導通欠陥を抽出してその解析を行うため、Y 軸との交点を原点として、左側を正、右側を負とし、左方から右方に向かって階調差の値が小さくなる、すなわち画像では暗くなっていく方向に定義をして、Y 軸の右側の欠陥に着目するようにしている。Y 軸の微分値は、上方に向かって微分値が大きくなり、  
20 すなわち画像では明るくなっていく方向に定義している。また、本実施例では、簡単化のために、非導通欠陥と異物とを区別する例を示している。ショート欠陥と異物の区別の例は後述する。

ステップ 1 4 4 で、オペレータは表示された散布図より分布の塊（グループ）を見つけ出す。そして、第 6 図に破線で示したように、  
25 分布の塊を分離する範囲条件を各々のグループについて設定して仮グループ分けを行う。仮グループ分けは、第 6 図で後述するように、オペレータが G U I 機能を利用して指定してもよいし、装置が自動的に生成しそれをオペレータが追認するようにしてもよい。

次に、ステップ 1 4 5 で、オペレータは、各々の仮グループについ

て欠陥の確認を順次実施し、各々のグループがどのような欠陥によるものかを、後述する方法で調査する。ステップ 1 4 6 では、欠陥の種類を確認した上で、先に設定したグループの範囲を見直し、欠陥自動分類条件を最適化する。ステップ 1 4 7 では、欠陥の特徴量が多数あることを考慮して、必要に応じて他の特徴量についても散布図を生成するかどうかを判断し、ステップ 1 4 8 で欠陥自動分類条件の設定を終了する。

第 6 図に示した散布図の例を用いて、グループ分けの一例を説明する。抽出された欠陥の特徴量の分布は、第 6 図の如く概ね 3 つのグループに分かれていたと仮定する。そこで、これらのグループを分ける範囲条件を設定する。GUI 機能は、複数の欠陥の塊を囲むように、マウスのドラッグ機能などで矩形領域を設定することができるようになっている。あるいは、第 1 図に示した欠陥確認制御部 6 0 2 で複数の欠陥の相互間距離を演算し、予め定められた値以下の欠陥同士をひとつのグループとするように、自動的にグループを生成することもできる。

この実施例では、矩形の領域が設定され、欠陥の特徴量に基づく分布がその矩形の領域の内部に含まれる場合には、その欠陥がそのグループに含まれると決める。丸印で示される欠陥 1 7 1, 1 7 2 の一部が含まれる矩形の領域 8 1 をグループ 1, 領域 8 2 をグループ 2, 領域 8 3 をグループ 3 とよぶこととする。

なお、ここでは、領域を簡単化のために矩形としたが、円、楕円など任意の形状としても、グループ分けは可能である。また、複数のグループの範囲条件が重複する場合は、例えば優先順位などを設けてグループ分けをするとよい。

第 7 図は、欠陥自動分類条件設定における欠陥の確認手順の一例を示す画面図である。第 7 図 (a) は第 6 図と同じく散布図の画面図、第 7 図 (b) は電子線を用いた検査装置により取得された欠陥画像の画面図である。

第7図(a)に示すモニタの画面91において、破線で示す欠陥の3つのグループの矩形の領域81, 82, 83のうち、グループ1の領域81に含まれる欠陥について、オペレータが検査画像を見て欠陥の種類を確認したい場合には、例えばマウスの移動によって画面に表示される矢印85をグループ1の領域81内の欠陥を示す丸印に置いてマウスをクリックして指定する。

グループ1が指定されると、指定された欠陥が示す座標を取得する画像の中心とした画像を改めて取得して、第7図(b)に示すように欠陥画像をモニタ63に画面92として表示する。この例は、多くのホールパターンのうち、黒丸で示したホールに欠陥171がある場合を示しており、例えば欠陥画像のコントラストから黒点欠陥、すなわち非導通欠陥であることがわかる。

なお、ここでは、改めて検査画像を取得したが、検査時に検査画像を図示しない記憶装置へ保存しておくことにより、保存された欠陥画像の中から指定された欠陥に対応する欠陥画像を選択して表示してもよい。

このようにして、オペレータは順次欠陥の画像を確認して、当該グループ1の欠陥の種類を調査する。このとき、欠陥の画像を改めて取得した場合には、その画像を図示しない記憶装置へ保存しておくことよい。欠陥画像の取得は時間がかかるばかりでなく、同じ個所を何度も電子線で照射すると、コンタミなどの不具合が生じる可能性がある。これを防ぐため、欠陥画像を保存して、再び同じ欠陥を指定したときに画像取得のために改めて欠陥画像を取得しないようにするとよい。

第8図は、第7図と同じく欠陥自動分類条件設定における欠陥の確認手順の一例を示す画面図であり、第8図(a)は散布図の画面図、第8図(b)は電子線を用いた検査装置により取得された欠陥画像の画面図である。

第8図は、欠陥自動分類条件設定における欠陥の確認手順の他の実施例として、検査中に検出した欠陥の画像を記憶する機能を付加する

場合を示している。オペレータは第 7 図に示した例と同様に、第 8 図 (a) に示された画面 9 1 の散布図で欠陥のグループ 1 を指定し、第 8 図 (b) のように画面 9 3 に、図の左から右に検査画像、参照画像、両者の差分画像である異常部の抽出画像が並べて表示される。図の例  
5 5 では、検査画像に異常部が存在し、参照画像に異常部が存在しない場合であり、抽出画像は両者の信号量の差の画像を表示する。検査画像の異常部と、参照画像の異常がない同じ場所とを比較することによって、その異常部の正常部に対する明るさ、大きさ、形状などから、異常が何であるかをオペレータが知ることができる。このように欠陥抽出時の画像を比較できるように並べて表示することによって、オペレータの欠陥の種類の判断の補助になる。

第 9 図は、第 7 図と同じく欠陥自動分類条件設定における欠陥の確認手順の一例を示す画面図であり、第 9 図 (a) は散布図の画面図、第 9 図 (b) は電子線を用いた検査装置により取得された欠陥画像の画面図である。  
15

第 9 図 (a) でグループ 1 に含まれる丸印を、オペレータは順番に矢印 8 5 で指定して、第 9 図 (b) に示す画面 9 4 に、保存された欠陥画像から対応する欠陥の欠陥画像が順番に表示される。グループ 2、グループ 3 についても、同様に表示される。このように、オペレータ  
20 はグループ単位で欠陥の検査画像を確認できるので、当該グループの欠陥の種類の判定が容易になる。検査画像はひとつの画面 9 4 に複数表示してもよいし、一枚ずつ順番に表示されるようにしてもよい。また、図示していないが、検査画像の一部に対象欠陥の座標または番号などの欠陥を特定できる ID を表示するようにしてもよい。

25 第 9 図 (a) の画面 9 1 におけるグループ 1 の領域 8 1 内の欠陥を指定して、第 9 図 (b) の画面 9 4 のグループ 1 の欠陥画像にコンタクトホールのパターンにおける図では黒丸で示す欠陥 1 7 1 が表示された場合は、グループ 1 は例えば非導通欠陥のまとまりであることがわかる。また、グループ 2 は図では黒丸あるいは灰色の丸で示すコ



ントラストの異なる欠陥 1 7 1 が示されているが、グループ 1 と同じく非導通欠陥のまとまりであることがわかる。欠陥画像では、完全に非導通の欠陥は暗く見えるが、不完全な非導通の欠陥は少し明るく見えるため、第 9 図 (a) に示されるように、同じ非導通欠陥でも階調  
5 差と階調値の微分値の異なる欠陥として表示される。

一方、階調差の符号が反対のグループ 3 は、欠陥画像でその欠陥を確認すると、第 9 図 (b) のグループ 3 に示すように、コンタクトホールのパターンとは無関係な位置に様々な形状の欠陥 1 7 2 が、グループ 1 や 2 の非導通欠陥とは反対に明るく見えている。経験的に形状  
10 が不定形な物質は異物であると判断される。異物は、半導体装置の製造プロセスに依存するものが多いが、ホールパターンの形成プロセスではレジスト残渣が多く見られる。レジスト残渣は、前述のように電子線の照射によって明るく見える。

第 10 図は、第 7 図と同じく欠陥自動分類条件設定における欠陥の  
15 確認手順の一例を示す画面図であり、第 10 図 (a) および (b) は散布図の画面図、第 10 図 (c) は電子線を用いた検査装置により取得された欠陥画像の画面図である。

第 9 図に示した手順から、グループ 1 とグループ 2 の散布図の塊が同種の欠陥であることが分かったので、これらを一つのグループにま  
20 とめる例を次に示す。

第 10 図 (a) において、オペレータが例えば矢印 8 5 でグループ 1 の領域 8 1 とグループ 2 の領域 8 2 とが重なり合う領域 8 4 を指定すると、第 10 図 (b) に示されるように、グループ 2 の領域 8 2 がグループ 1 の領域 8 1 へ自動的に吸収され、新たな領域 8 1 が作成  
25 される。このようにして、グループ 2 を削除してグループ 1 の範囲条件を修正することができる。次に、オペレータは、第 10 図 (b) の画面 9 1 内のグループ 1 の領域 8 1 内の丸印を指定して、第 10 図 (c) に示す欠陥画像を画面 9 4 に表示させ、グループ 1 の欠陥 1 7 1 が非導通欠陥であるのかどうか、グループ 2 の欠陥 1 7 2 が異物であるの

かどうかを確認する。このようにして各グループの種類が確認された後は、各グループの分類結果を示す分類コードなどが割り当てられて、データとして保存される。以上で、第3図に示したレシピ作成にあたっての欠陥自動分類条件の設定が終了する。

- 5      第11図は、欠陥自動分類条件の修正の手順の一例を示すフローチャートである。欠陥自動分類条件を設定済みのレシピを用いて検査を実施した後の、欠陥自動分類条件の修正を示すものである。レシピ作成時に欠陥自動分類条件が設定されているので、検査実施後には、欠陥を検出した場所の情報に加えて、自動分類機能によって欠陥を自動
- 10   分類した結果が得られる。検査実施後には、レシピ作成中と比べて抽出された欠陥のサンプル数が多くなるため、特徴量の散布図を表示したときにレシピ作成時に設定した分類条件の領域範囲から外れて表示される欠陥があることが十分予想される。そこで、オペレータの欠陥確認により、領域から外れた欠陥がその領域のグループに属することが判明した際には、オペレータがレシピ作成時に作成した分類条件を修正できるようにして、レシピを修正できるようにする。以下にその手順を説明する。
- 15

オペレータは、ステップ151で開始指示後、ステップ152で欠陥自動分類条件の設定を設定済みのレシピを用いて検査を実施させる。ステップ153で、検査終了後に、欠陥の特徴量の散布図が表示

20   される。次に、ステップ154で、欠陥の分類条件の領域から外れている未分類の欠陥の有無をオペレータが確認する。具体的には第10図(b)の画面91に表示された領域81または領域83の外に表示された欠陥の有無である。

- 25      ステップ155で、オペレータが未分類の欠陥があり欠陥自動分類条件の修正が必要と判断した場合には、ステップ156で、欠陥の分類条件に修正を加え、ステップ157で、修正の結果がレシピに保存され、ステップ158で終了する。

以上の手順を、図面を用いて説明する。第12図は、第7図と同じ

く欠陥自動分類条件設定における欠陥の確認手順の一例を示す画面図であり、第10図(a)および(b)は散布図の画面図、第10図(c)は電子線を用いた検査装置により取得された欠陥画像の画面図である。

- 5      第11図で説明したように、欠陥自動分類条件の設定を設定済みのレシピを用いて検査を実施し、検査後に欠陥の特徴量の散布図を表示する。第12図(a)において、画面91に表示された散布図には、領域81および領域83で包含される丸印で示す非導通欠陥である欠陥171や異物である欠陥172の他に、四角印で示される欠陥173、174が領域81、83の外に存在する。このように、特徴量の散布図のレシピ作成時に設定された分類条件から外れた欠陥が新たに検出された場合、オペレータはその欠陥に対して欠陥の確認を実施し、分類条件の再設定をする。
- 10

- 具体的には、第12図(a)に示すように、例えばマウスを用いて矢印85で確認したい欠陥173を指定し、第12図(c)に示す画面92に欠陥画像を表示させる。この欠陥画像は、表示の指示によって電子線の照射により画像を取得してもよいし、保存されている場合はそれを表示させてもよい。第12図(c)に示す画面92に表示された欠陥175からオペレータが非導通欠陥であると確認すると、第12図(a)に戻って別の欠陥173について、同様の確認を繰り返す。オペレータは、このような確認を散布図上でいくつかの四角印で示される欠陥173、174について複数回実施し、その結果が既に欠陥の種類が特定されているグループの欠陥と同じ種類の欠陥であると確認できた場合には、第11図のステップ156で、四角印で示される複数の欠陥173、174をそのグループに組み入れることができる。
- 15
- 20
- 25

第12図(b)に示す領域81の変更は、オペレータが例えば画面91上で領域81をドラックして大きさを変更してもよいし、クリックして指定された四角印の欠陥を含むように領域81を自動的に変

更するようにしてもよい。第 1 1 図のステップ 1 5 7 では、この領域 8 1 の修正をレシピに保存するかどうかを判断する。第 1 2 図 (b) に示すように、領域 8 1, 8 3 が変更されると、欠陥の分類条件が自動的に変更される。この詳細は第 1 3 図で説明する。また、この自動  
5 分類は、第 1 図のホスト計算機 5 9 の欠陥確認制御部 6 0 2 で実行される。

第 1 3 図は、この欠陥の自動分類方法の一例を示すフローチャートである。第 1 2 図 (b) に示すように、領域 8 1, 8 3 が修正されると、第 1 2 図 (a) に示すどの領域にも属さなかった欠陥 1 7 3, 1  
10 7 4 について、第 1 3 図に示すステップ 1 6 1 で自動分類処理が開始される。ステップ 1 6 2 では、例えば、欠陥 1 7 3 の属性である分類を  $i$ 、微分値および階調差の値を特徴量  $j$  と定義すると、欠陥  $F(i, j)$  のうち分類  $i$  が有効か無効かが判定される。欠陥 1 7 3 は検査の結果新たに抽出され、何の欠陥であるか未だ分類されていないので、  
15 分類  $i$  は無効であると判定され、ステップ 1 6 3 へすすむ。

ステップ 1 6 3 では、例えば、欠陥 1 7 3 の特徴量  $j$  のうちの微分値について、第 1 2 図 (b) に示す領域 8 1 を定義する分類条件  $M(i, j)$  の特徴量  $j$  の微分値の範囲に含まれるか否かを判定し、含まれる場合はステップ 1 6 4 で、特徴量  $j$  の階調差が未判定であると判断し  
20 て、ステップ 1 6 2 へ戻り、ステップ 1 6 3 で微分値と同様に階調差が分類条件  $M(i, j)$  の特徴量  $j + 1$  である階調差の範囲に含まれるかどうか判定される。

ステップ 1 6 4 で特徴量  $j$  のすべてについて判定が終了したと判定されると、ステップ 1 6 5 へすすみ、欠陥  $F(i, j)$  の分類  $i$  に  
25 非導通欠陥であることを示す分類コードを設定する。

ステップ 1 6 2 で有効と判定されるのは、例えば欠陥 1 7 1 のような、 $F(i, j)$  の  $i$  に分類コードがすでに設定された欠陥の場合であり、改めて分類条件  $M(i, j)$  の判定を行う必要がなく、ステップ 1 6 4 で特徴量  $j$  のすべてについて分類条件  $M(i, j)$  の判定が

終了したかどうかを判定しておけばよい。

- ステップ 1 6 3 で特徴量  $j$  のひとつが分類条件  $M(i, j)$  の範囲に含まれない場合は、分類しようとしている分類  $i$  とは異なる分類に分類すべき欠陥なので、ステップ 1 6 6 から、別の分類  $i + 1$  について、分類  $i$  と同様の判定がなされる。これを繰り返して、どの分類  $i$  の分類条件  $M(i, j)$  の範囲にも含まれない欠陥は、ステップ 1 6 7 で、どの分類  $i$  にも属さないことを示す未分類のコードを設定する。

以上を、ステップ 1 6 8 で該当する欠陥すべてについて判定し、ステップ 169 で自動分類処理を終了する。

- 10 本実施例では、ある欠陥について最初に分類の判定をしてその分類コードを設定し、次に 2 番目の欠陥の判定と分類コードの設定を行うという場合を示したが、ひとつの欠陥が複数の分類コードに該当する場合は、分類の優先順を決めておき、最初に該当した分類に判定する方法や、該当するすべての分類に判定して対応する分類コードを全て  
15 設定する方法などを採用してもよい。

- 第 1 4 図から第 1 5 図はモニタに表示される半導体ウェハの欠陥分布を示す画面図である。第 1 4 図には、ウェハマップ 1 7 0 上に、丸印で示される非導通欠陥 171 と、四角印で示される異物 1 7 2 とが混在している例を示しているが、実際の画面では、欠陥分類の前であるので、両者の区別はなされておらず、同じ欠陥として同じように表  
20 されている。このような場合、欠陥の特徴量として欠陥の座標  $X, Y$  ではこれらを分離できない。

- そこで、第 1 0 図で説明したように、欠陥の特徴量として階調差と階調値の微分値を選択して散布図を作成し、欠陥を表示させると、階  
25 調差の大小によって、非導通欠陥を異物と分離できる。ここで、第 1 0 図 (b) に示す異物のグループ 3 を削除する指定をすると、非導通欠陥のグループ 1 だけが残る。そして、第 1 5 図に示すように、ウェハマップ 1 7 0 上に非導通欠陥 1 7 1 だけを表示することができる。

第 1 6 図から第 1 7 図は、特徴量を変えた場合の散布図の例を示す

画面図である。第 16 図では X 軸に階調差、Y 軸に頻度を指定し、欠陥をヒストグラム表示している。ここで、頻度とは欠陥の数である。非導通欠陥と異物とを区別するためには、欠陥の特徴量として Y 軸に頻度をとっても両者を区別できる。非導通欠陥と思われるグループ 1  
5 の領域 181 とグループ 2 の領域 182 とがそれぞれ山状の分布で示されている。また、異物と思われるグループ 3 の領域 183 は、領域 181 と領域 182 と区別が可能である。

第 17 図は第 16 図のヒストグラム表示を棒グラフ表示にした例である。これでも十分に、非導通欠陥のグループ 1 の領域 181 とグループ 2 の領域 182 とがそれぞれ山状の分布で示され、異物のグループ 3 の領域 183 が、領域 181 と領域 182 と区別できる。  
10

しかしながら、グループ 3 がすべて異物であるとは限らない。前述したように、散布図の Y 軸より左側に表示された階調差が正の白点欠陥には、異物だけでなく V C 欠陥のうちのショート欠陥も含まれる。  
15 したがって、抽出された欠陥に非導通欠陥とショート欠陥と異物の 3 種類が混在していると思われる場合には、第 16 図ないし第 17 図に示した散布図は、白点欠陥と非導通欠陥とを区別できるものである。

第 18 図は、欠陥自動分類条件設定における欠陥の確認手順の一例を示す画面図であって、抽出された欠陥に非導通欠陥とショート欠陥と異物の 3 種類が混在している場合の散布図の例を示す。Y 軸に頻度ではなく、階調値の微分値を用いている。前述のように、異物はショート欠陥よりも微分値が大きくなるため、第 18 図 (a) の画面 9 1  
20 には、白点欠陥として異物のグループ 3 とショート欠陥のグループ 4 とが Y 軸方向に分かれて表示され、黒点欠陥として非導通欠陥の欠陥が階調差の負側 (図の右側) に表示されるので、3 種類の欠陥をそれぞれ  
25 のグループに区別することが可能となる。第 18 図 (b) は 3 種類の欠陥の検査画像を示し、検査画像の右上には欠陥の座標や番号などの ID が表示される。画面 9 4 には、グループ 1 の欠陥は黒点で表示されるので、非導通欠陥 171 であると確認できる。グループ 4 の

欠陥は、図では便宜上欠陥を灰色で、周囲を白く表してあるが、実際の画面では、欠陥は白点、周囲はこの白色よりは暗く表示される。この欠陥は、コンタクトホール内部が周囲よりも白いので、ショート欠陥 1 7 6 であると確認できる。グループ 3 の欠陥は、グループ 4 の場合と同じく図では便宜上欠陥を灰色で、周囲を白く表してあるが、実際の画面では、欠陥は白点、周囲はこの白色よりは暗く表示される。この欠陥は、コンタクトホールの配列とは無関係な不規則な形状をした白い物体であるので、異物 1 7 2 であると確認できる。

10 以上のように、オペレータは検査画像で欠陥を確認した後、第 1 8 図 (a) に示した散布図で欠陥を各グループに分け、その領域を指定することによって、欠陥を 3 種類に分類することができる。

第 1 9 図は第 5 図に示した欠陥自動分類条件の設定におけるステップ 1 4 5 の欠陥確認時の SEM 本体 6 0 の動作を示すフローチャートである。

15 ステップ 1 9 1 で、欠陥画像取得機能が開始し、ステップ 1 9 2 で、オペレータが散布図上で欠陥画像を取得したい欠陥を指定すると、第 1 図に示すホスト計算機 5 9 の欠陥確認制御部 6 0 2 の機能によって、ステップ 1 9 3 で、指定された欠陥の座標 X, Y の情報に基づいて試料移動ステージ 5 6 が駆動され、当該欠陥に電子線 7 1 を照射できる位置へ試料 6 1 を移動させる。次に、ステップ 1 9 4 で試料 6 1 に電子線 7 1 を照射して二次電子 7 2 を検出し、欠陥の電子線照射画像である欠陥画像を取得する。画像を取得する手順は第 1 図の説明と同じであるので、ここでは省略する。ステップ 1 9 5 で、欠陥画像が画像処理装置 5 8 へ送られ、ステップ 1 9 6 で、欠陥画像がチップメモリ 5 0 2 からシステムバス 5 1 1 を介して、ホスト計算機 5 9 へ送られ、ステップ 1 9 7 で、モニタ 6 3 に表示される。チップメモリ 5 0 2 からの欠陥画像は、図示しない記憶装置に記憶させておくと、後の必要なときに、画像を取得するための電子線照射なしで、その欠陥画像をモニタ 6 3 に表示させることができる。

ステップ 198 では、オペレータがその他の欠陥の画像を取得するかどうかを判断する。次の欠陥画像を取得する場合はステップ 192 へ戻り、所望の欠陥画像を全て取得するまで繰り返し、ステップ 199 で終了する。

- 5      以上のように、散布図の X 軸に階調差という特徴量を選択することにより、非導通欠陥と異物とを明確に区別することが可能になる。このように、本実施例によれば、座標 X, Y 以外の特徴量を用いて自動分類することができる。

- 10      以上述べたように、欠陥の特徴量を求め、これらの特徴量の散布図を用いて欠陥を自動分類することができる。

また、検査結果により欠陥自動分類条件についてレシピの修正が可能なので、検査を重ねることにより最適な自動分類条件を見つけることができる。

- 15      また、多種類の欠陥のうちその内容を知りたい欠陥のみを効率よく抽出できるので、その欠陥のみを詳細に解析することが可能となる。したがって、検査による欠陥抽出から欠陥解析による欠陥発生原因の究明までの時間が短縮できる等、効率よい欠陥検査と解析を行うことができる。

## 20      産業上の利用可能性

本発明によれば、検査で抽出された多数の欠陥から所望の欠陥を抽出することができる電子線を用いた検査方法および検査装置を提供することができる。



## 請 求 の 範 囲

1. パターンが形成された試料に電子線を照射し、前記試料から発生する二次電子または反射電子に基づき検査画像および参照画像を生成し、前記検査画像と前記参照画像の画素毎の階調値の差分から異常部を求め、該異常部の画像から当該異常部の特徴量を複数求め、該複数求めた異常部の特徴量の分布に基づいて該異常部の種類を分類する範囲が指定されることを特徴とする電子線を用いた検査方法。  
5
2. 請求の範囲第1項において、前記異常部の種類を分類する範囲は、前記異常部の特徴量から生成された散布図に基づいて指定されることを特徴とする電子線を用いた検査方法。  
10
3. 請求の範囲第2項において、前記散布図は前記異常部を分類するための範囲の指定を含む検査用のレシピを用いた検査の後に生成され、前記散布図において該検査によって検出された異常部の特徴量に基づいて前記欠陥が自動分類される際の分類条件を修正し、前記レシピに該修正結果を保存することを特徴とする電子線を用いた検査方法。  
15
4. 請求の範囲第3項において、前記欠陥が自動分類される際の分類条件の修正は、少なくとも前記散布図で指定された前記異常部の種類を分類する範囲を有する指定内容を前記レシピに保存することを含むことを特徴とする電子線を用いた検査方法。  
20
5. 請求の範囲第2項において、前記特徴量は、前記異常部の当該検査画像と参照画像とから求められる各画素毎の階調差の総和、前記異常部を含む検査画像から求められる各画素毎の隣接画素間の階調値の微分値の絶対値の総和を含むことを特徴とする電子線を用いた検査方法。  
25
6. パターンが形成された試料に電子線を照射し、前記試料から発生する二次電子または反射電子に基づき検査画像および参照画像を生成し、前記検査画像と前記参照画像との画素毎の階調値の差分から異

常部を求める電子線を用いた検査装置において、

前記検査画像と前記参照画像との画素毎の階調値の差分から得られた差分画像と前記検査画像とから前記異常部の特徴量を求める特徴量演算部と、前記特徴量の分布に基づいて前記異常部を複数のグループに分類する分類演算部とを備えたことを特徴とする電子線を用いた検査装置。

7. 請求の範囲第6項において、前記分類演算部は、前記特徴量に基づいて散布図を生成し前記異常部を複数のグループに分類することを特徴とする電子線を用いた検査装置。

10 8. 請求の範囲第7項において、前記分類演算部は、前記パターンの検査内容を規定するレシピの作成過程で実施した検査の後に、該検査によって検出した異常部の特徴量から散布図を生成し、該散布図より前記異常部の種類を分類する範囲が指定されて該指定内容をレシピに保存することを特徴とする電子線を用いた検査装置。

15 9. 請求の範囲第8項において、前記分類演算部は、前記異常部を分類するための範囲の指定を含む検査用のレシピを用いた検査の後に散布図を生成し、該散布図において該検査によって検出された異常部の特徴量に基づいて前記欠陥が自動分類される際の分類条件を修正し、前記レシピに該修正結果を保存することを特徴とする電子線を用いた検査装置。

20 10. 請求の範囲第9項において、前記欠陥が自動分類される際の分類条件の修正は、少なくとも前記散布図で指定された前記異常部の種類を分類する範囲を有する指定内容を前記レシピに保存することを含むことを特徴とする電子線を用いた検査装置。

25 11. 請求の範囲第7項において、前記特徴量は、前記異常部の当該検査画像と参照画像とから求められる各画素毎の階調差の総和、前記異常部を含む検査画像から求められる各画素毎の隣接画素間の階調値の微分値の絶対値の総和を含むことを特徴とする電子線を用いた検査装置。

1 2 . パターンが形成された試料に電子線を照射し、前記試料から発生する二次電子または反射電子に基づき検査画像および参照画像を生成し、前記検査画像と前記参照画像との画素毎の階調値の差分から異常部を求める電子線を用いた検査装置において、前記検査画像と前記参照画像との画素毎の階調値の差分から得られた差分画像と前記検査画像とから求められた前記異常部の特徴量をパラメータとした分布図を求めるとともに、該分布図に設定された領域に前記異常部を分類する演算部と、前記分布図と前記領域とを表示する表示装置とを備えたことを特徴とする電子線を用いた検査装置。

5 1 3 . 請求の範囲第 1 2 項の記載において、前記表示装置は、前記分布図とともに前記電子線を照射して得られた異常部の画像を表示することを特徴とする電子線を用いた検査装置。

10 1 4 . 請求の範囲第 1 2 項の記載において、前記表示装置は、前記分布図とともに前記検査画像、前記参照画像、および差分画像を表示する  
15 ことを特徴とする電子線を用いた検査装置。

## 要 約 書

- パターンが形成された試料に電子線を照射し、試料から発生する二次電子または反射電子に基づき検査画像および参照画像を生成し、検査画像と参照画像の画素毎の階調値の差分から異常部を求め、異常部の画像から当該異常部の特徴量を複数求め、複数求めた異常部の特徴量の分布に基づいて異常部の種類を分類する範囲が指定されることによる、検査で抽出された多数の欠陥から所望の欠陥を抽出することができる電子線を用いた検査方法および検査装置を提供する。
- 5